

**OTOMATISASI PENGATURAN KECEPATAN MOTOR ARUS SEARAH 1 KW BERBEBAN
BERBASIS THYRISTOR DAN SIMULASI MATLAB SIMULINK**

Nofiansah

Staf Pengajar Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: Nofimh3Gmail.com

ABSTRAK

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan tujuan lainnya. Dalam pemakaiannya, motor ini memerlukan alat pengatur kecepatan putaran. Pengaturan kecepatan motor arus searah dapat dilakukan dengan mengatur tegangan jangkarnya. Otomatisasi pengaturan kecepatan putaran motor arus searah 1kw menggunakan thyristor dilakukan dengan mengubah sudut penyalaan alpa dari thyristor. Pengaturan sudut alpa antara 34 sampai dengan 117 menghasilkan putaran 992 rpm sampai dengan 1998 rpm. Untuk pengaturan kecepatan putaran menggunakan Program MATLAB Simulink menghasilkan putaran 1000 rpm sampai dengan 2000 rpm.

Kata Kunci : Motor DC, Thyristor, Matlab Simulink

ABSTRACT

Electric motor is a electromagnetic device that convert electric energy to become mechanic energy. This mechanic energy is used to, for example, actuate pump impeller, fan or blower, compressor, lift up the material or other functions. In the application, electric motor needs speed setter. This direct current motor control is done by set its armature voltage. The automation of 1 KW direct current motor speed control with thyristor is done by set or change the firing angle alpha of thyristor. The control of alpha between 34 to 117 produces speed of 992 rpm to 1998 rpm. The speed control with Matlab Simulink produces speed of 1000 rpm to 2000 rpm.

Keyword : DC Motor, Thyristor, Matlab Simulink

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan dan tujuan lainnya.

Secara sederhana motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua buah medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Tujuan motor adalah untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan yaitu *torsi*. Biasanya motor dipasang untuk mengerjakan pekerjaan tertentu yang memerlukan kecepatan putaran yang tepat, sehingga kecepatan putar bisa diatur sedemikian rupa sesuai dengan tujuan penggunaan motor.

Dalam pemakaiannya, motor ini memerlukan alat pengatur kecepatan putaran. Untuk itulah penulis menganalisa bagaimana otomatisasi pengaturan kecepatan motor arus searah menggunakan thyristor dan pengaturan kecepatan dengan Program MATLAB Simulink.

1.2. Permasalahan

Pengaturan kecepatan motor arus searah dapat dilakukan dengan mengatur tegangan jangkarnya. Permasalahan yang akan dihadapi bagaimana mengatur tegangan jangkarnya sehingga kecepatan putar motor arus searah dapat diatur.

Untuk itulah penelitian ini akan meneliti pengaturan kecepatan motor arus searah 1 Kw dengan menggunakan thyristor dan pengaturan kecepatan motor arus searah 1 Kw menggunakan program Matlab simulink. Dengan pengaturan ini motor arus searah dapat diatur dengan pengaturan yang mudah.

1.3. Tujuan dan Manfaat

- Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa bagaimana pengaturan kecepatan putaran motor arus searah penguat terpisah dengan menggunakan thyristor dan meneliti hubungan perubahan kecepatan putar motor arus searah pada kondisi dibebani. Serta menganalisa bagaimana pengaturan kecepatan putaran motor arus searah penguat terpisah dengan menggunakan program matlab simulink dan meneliti hubungan perubahan kecepatan putar motor arus searah pada kondisi dibebani.

- Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan nilai positif bagi peneliti dan pembaca yang berkenaan dengan pengetahuan dan pemahaman didalam pengaturan kecepatan putaran motor arus searah dengan menggunakan thyristor dan program

matlab simulink. Serta dapat memberikan acuan kepada peneliti yang lain untuk melakukan penelitian pengaturan kecepatan putaran motor arus searah penguat terpisah dengan jenis pengaturan diatas dengan bentuk pengaturan yang berbeda.

1.4. Metode Penelitian

Adapun metodologi penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari literature yang berkenaan dengan materi penelitian.
2. Merancang rangkaian pengatur kecepatan putar motor arus searah dengan menggunakan thyristor.
3. Merancang rangkaian pengatur kecepatan putar motor arus searah dengan menggunakan program matlab simulink
4. Mengukur nilai tegangan jangkar (V_a) motor arus searah, arus jangkar (I_a) motor arus searah dan putaran motor arus searah.
5. Menganalisa nilai-nilai hasil pengukuran tegangan jangkar (V_a) motor arus searah, arus jangkar (I_a) motor arus searah dan putaran motor arus searah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semikonduktor

Berdasarkan tingkat kemurnian atom penyusunnya, terdapat dua kelompok semikonduktor yaitu intrinsik dan ekstrinsik. Untuk kelompok ekstrinsik terdapat dua jenis/tipe semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n. Bahan semikonduktor yang banyak dipakai adalah bahan silikon (Si).

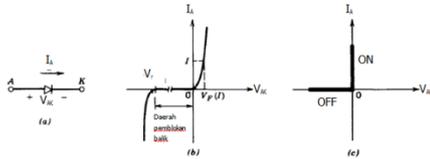
Semikonduktor tipe-n dibuat dari bahan silikon murni dengan menambahkan sedikit pengotor berupa unsur valensi lima. Empat elektron terluar dari "donor" ini berikatan kovalen dan menyisakan satu elektron lainnya yang dapat meninggalkan atom induknya sebagai elektron bebas. Dengan demikian pembawa muatan mayoritas pada bahan ini adalah elektron.

Hal yang sama, semikonduktor tipe-p dibuat dengan mengotori silikon murni dengan atom valensi tiga, sehingga meninggalkan kemungkinan untuk menarik elektron. Pengotor sebagai "aseptor" menghasilkan proses konduksi dengan lubang (*hole*) sebagai pembawa muatan mayoritas.

2.2 Diode

Dioda merupakan semikonduktor (komponen) elektronika daya yang memiliki dua terminal, yaitu: anoda dan katoda. Dalam rangkaian elektronika daya, dioda difungsikan sebagai sakelar. Gambar 1.1 (a), (b), dan (c) masing-masing ditunjukkan simbol dioda,

karakteristik diode, karakteristik ideal dioda jika dioperasikan sebagai sakelar. Sebagai sakelar, sebagaimana Gambar 1 (c), dioda akan konduksi (ON) jika potensial pada anode lebih positif daripada potensial pada katoda, dan dioda akan memblok (OFF) jika potensial pada anoda lebih negatif daripada potensial pada katoda.



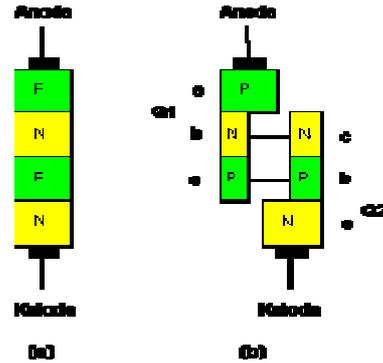
Gambar 2.1 Diode:(a) simbol diode, (b) karakteristik diode, (c) karakteristik ideal diode sebagai sakaler

Jika diode dalam kondisi ideal, ketika dioda dalam kondisi ON memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan nol dan arus yang mengalir pada diode sama dengan arus bebannya. Sebaliknya, dioda dalam kondisi OFF memiliki karakteristik tegangan pada dioda sama dengan tegangan sumbernya dan arus yang mengalir sama dengan nol. Dalam kondisi dioda ON dan OFF ini dapat dinyatakan tidak terjadi kerugian daya pada dioda.^[3,8]

2.3. Thyristor

Thyristor berakar kata dari bahasa Yunani yang berarti 'pintu'. Dinamakan demikian barangkali karena sifat dari komponen ini yang mirip dengan pintu yang dapat dibuka dan ditutup untuk melewatkan arus listrik. Ada beberapa komponen yang termasuk thyristor antara lain PUT (*programmable uni-junction transistor*), UJT (*uni-junction transistor*), GTO (*gate turn off switch*), photo SCR dan sebagainya. Namun pada kesempatan ini, yang akan kemukakan adalah komponen-komponen thyristor yang dikenal dengan sebutan SCR (*silicon controlled rectifier*), TRIAC dan DIAC.

Ciri-ciri utama dari sebuah thyristor adalah komponen yang terbuat dari bahan semiconductor silicon. Walaupun bahannya sama, tetapi struktur P-N junction yang dimilikinya lebih kompleks dibanding transistor bipolar. Komponen thyristor lebih digunakan sebagai saklar (*switch*) dari pada sebagai penguat arus atau tegangan seperti halnya transistor.



Gambar 2.2 Struktur Thyristor

Struktur dasar thyristor adalah struktur 4 layer PNPN seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2.

2.4. Motor Arus Searah (DC)

Seperti diketahui bahwa motor-motor DC mempunyai karakteristik yang berubah-ubah, sehingga dalam penerapannya memungkinkan untuk digunakan sebagai penggerak dengan kecepatan yang dapat diubah-ubah. Dalam prakteknya, penggerak DC ini menggunakan sumber DC yang diperoleh dari penyearah yang terkendali dan DC chopper. Dimana penyearah tersebut akan menyediakan tegangan keluaran DC yang variabel dari tegangan masukan AC yang tetap, sedang DC chopper akan menyediakan tegangan keluaran DC yang variabel dari tegangan masukan DC yang tetap. Oleh Karena kemampuannya menyediakan tegangan DC yang variabel secara kontinyu, penyearah terkendali dan DC chopper mampu membuat suatu revolusi industri modern didalam peralatan kendali dan penggerak-penggerak dengan kecepatan yang variabel.

Rangkaian ekivalent untuk motor DC terpisah ditunjukkan pada gambar 10.1. Dimana motor penguat terpisah dikuatkan dengan arus medan i_f dan arus jangkar i_a yang melewati rangkaian, motor menimbulkan emf balik dan torque. Arus medan i_f dari motor penguatan terpisah tergantung pada arus i_a , dan perubahan pada arus jangkar I_a tidak mempunyai efek pada arus medan.

Persamaan yang menggambarkan motor arus searah penguatan terpisah dapat dilihat pada gambar 2.11 Arus medan, i_f ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$v_f = R_f i_f + L_f \frac{di_f}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Tegangan jangkar V_a dapat dihitung dengan :

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + e_g \dots\dots\dots(2.2)$$

Emf motor balik juga dikenal sebagai tegangan kecepatan, yaitu :

$$T_d = K_t i_f i_a \dots\dots\dots(2.3)$$

Putaran yang dihasilkan sama dengan muatan putaran :

$$T_d = j \frac{d\omega}{dt} + B\omega + T_L \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- ω = kecepatan motor (rad/sec)
- B = Konstanta *viscous friction* , N.m/rad/sec
- K_v = Konstanta tegangan, V/A-rad/sec
- $K_t = K_v$ = Konstanta putaran
- L_a = Induktansi rangkaian dynamo, H
- L_f = Induktansi rangkaian medan , H
- R_a = Tahanan rangkaian dynamo, Ω
- R_f = Tahanan rangkaian medan, Ω

Dalam kondisi (*steady-state*), tegangan rata-ratanya adalah:

$$V_f = R_f I_f \dots\dots(2.5)$$

$$E_g = K_v \omega I_f \dots\dots\dots(2.6)$$

$$V_a = R_a I_a + E_g$$

$$V_a = R_a I_a + K_v \omega I_f \dots\dots(2.7)$$

$$T_d = K_t i_f i_a \dots\dots(2.8)$$

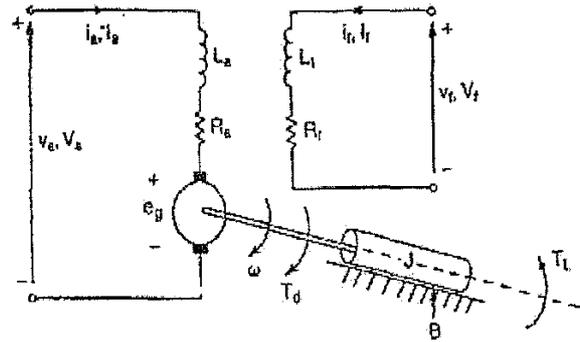
$$T_d = B\omega + T_L \dots\dots(2.9)$$

Menghasilkan Daya sebagai :

$$P_d = T_d \omega \dots\dots(2.10)$$

Hubungan antara arus medan, I_f dengan emf balik, E_g adalah tidak linear dengan kejenuhan magnetik. Dari persamaan (2.10), kecepatan putaran dari motor arus searah adalah :

$$\omega = \frac{V_a - R_a I_a}{K_v I_f} = \frac{V_a - R_a I_a}{K_v V_f / R_f} \dots\dots(2.11)$$



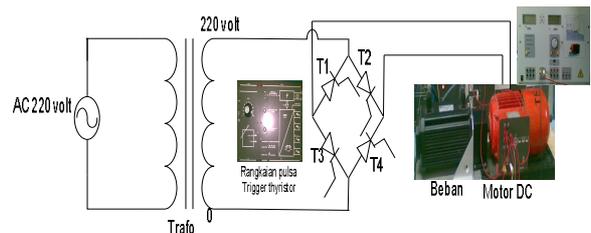
Gambar 2.3. Rangkaian Dasar Motor DC Penguatan Terpisah

Rangkaian dasar dari motor arus searah penguatan terpisah dapat dilihat pada gambar 2.3. Kecepatan putar motor arus searah akan berubah dengan perubahan tegangan V_a . Pengaturan tegangan ini adalah untuk mengatur perubahan putaran pada motor arus searah. Pentingnya pengaturan putaran pada motor arus searah adalah untuk mengerjakan pekerjaan tertentu sesuai dengan tujuan penggunaan motor arus searah tersebut yang memerlukan putaran yang tepat.

3. METODELOGI

3.1. Pengaturan kecepatan putar motor dc dengan menggunakan thyristor

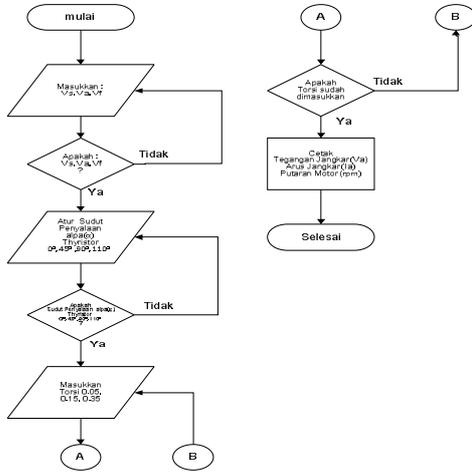
Rancangan rangkaian percobaan yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor arus searah penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Rangkaian percobaan untuk kondisi berbeban dengan thyristor

Pada rangkaian percobaan, tegangan sumber yang digunakan adalah sumber ac 220 volt, kemudian masuk ke rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh terkontrol dengan menggunakan empat buah thyristor. Untuk menghidupkan thyristor digunakan rangkaian penyulut thyristor. Pada kondisi siklus positif T2 dan T3 yang bekerja, Kemudian siklus negative T4 dan T1 yang bekerja. Keluaran rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh

terkontrol masuk ketahanan jangkar motor arus searah penguat terpisah. Tegangan penguat motor dc diambilkan dari sumber tegangan dc yang berbeda. Diagram alir dari rangkaian percobaan pengaturan kecepatan putar moptor arus searah penguat terpisah dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



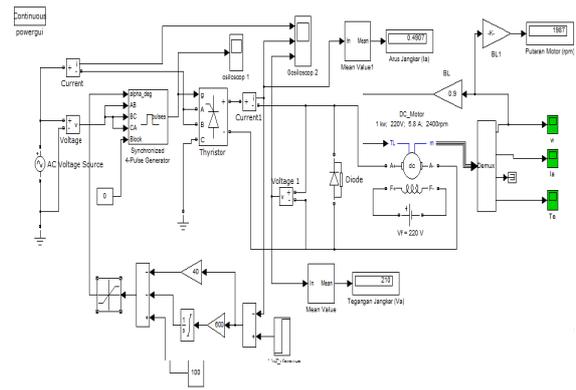
Gambar 3.2 Diagram Alir rangkaian percobaan dengan thyristor

Spesifikasi dari peralatan yang digunakan pada rangkaian percobaan diatas adalah sebagai berikut :

- Motor Arus Searah
Tegangan (V_s) 220 Volt
Arus (I) 5,8 Amper
 $n = 2400$ rpm
IP : 20
Type SE 2662-5D
- Control unit 4 pulsa out puts SO 3536-7A
- Set point Value SO 3536-5A
- Thyristor 10 A SO 3536-7K
- Dual trace oscilloscope 40 MHZ
- Trafo SE 26660-9TX
- Servo machine Test System

3.2 Simulasi Pengaturan Kecepatan Putar Motor DC dengan Matlab Simulink

Rangkaian pengaturan kecepatan putar motor arus searah penguat terpisah dengan simulasi menggunakan program Matlab Simulink dapat dilihat pada gambar 3.3.



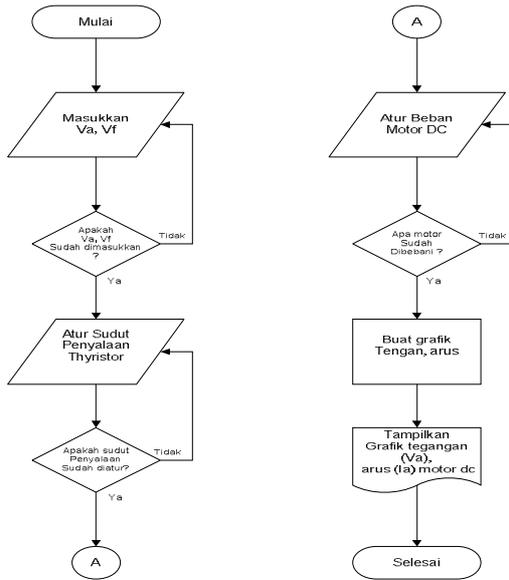
Gambar 3.3 Rangkaian Pengaturan Motor Arus Searah Penguat Terpisah Dengan Menggunakan Program Matlab Simulink

Prinsip pengaturan adalah sumber tegangan ac 220 volt masuk ke thyristor dan rangkaian penyulut thyristor. Fungsi dari rangkaian penyulut thyristor adalah untuk menghidupkan thyristor sehingga thyristor dapat on. Rangkaian penyulut thyristor juga berfungsi untuk mengatur sudut penyalan dari thyristor sehingga arus yang akan melewati anoda ke katoda dari thyristor dapat diatur. Keluaran dari katoda thyristor masuk ketahanan jangkar motor arus searah. Spesifikasi dari motor arus searah yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Motor Arus Searah
- Tegangan (V_s) 220 Volt
- Arus (I) 5,8 Amper
- $n = 2400$ rpm
- IP : 20
- Type SE 2662-5D

Untuk melihat pulsa trigger pada rangkaian penyulut thyristor dipasang osiloscop 1. Sedangkan untuk mengetahui besarnya arus dan tegangan yang masuk ke motor arus searah dipasang display 1 dan display 2.

Diagram alir dari rangkaian pengaturan kecepatan putar motor arus searah penguat terpisah dengan simulasi menggunakan Matlab Simulink dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Digram alir permodela dengan Matlab Simulink

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pengaturan kecepatan putaran motor arus searah penguatan terpisah dengan thyristor dilakukan dengan mengubah sudut penyalan (α) dari thyristor. Pada penelitian ini sudut penyalan (α) adalah 78° , 90° , 100° , 108° 117° . Motor dibebani dengan Torsi = 0 Nm dan arus medan penguat $I_f = 0,6$ A. Hasil pengukuran yang dilihat adalah tegangan jangkar motor (V_a), Arus jangkar motor (I_a) dan putaran motor dc (rpm). Hasil pengukuran dapat dilihat pada table 4.1. Kemudian motor arus searah dibebani dengan beban torsi = 0.05 Nm, 0.15 Nm, dan 0.35 Nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2. , 4.3. , dan 4.4.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pengaturan Kecepatan Putaran Motor DC dengan Thyristor Torsi = 0 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Devi asi
			Hasil Pengukuran	Permin taan Deman d	
78	210	0,49	1987	2000	0.00 6
90	194,8	0,45	1744	1750	0.00 3
100	165,8	0,35	1492	1500	0.00 5
108	133,5	0,30	1247	1250	0.00

					2
117	106,4	0,26	992	1000	0.00 8

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Pengaturan Kecepatan Putaran Motor DC dengan Thyristor Torsi = 0.05 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Devi asi
			Hasil Pengukuran	Permin taan Deman d	
56	217,2	0,63	1986	2000	0.00 7
70	214,3	0,53	1742	1750	0.00 4
81	207,6	0,46	1491	1500	0.00 6
91	193,1	0,39	1243	1250	0.00 5
101	162,6	0,33	992	1000	0.00 8

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Pengaturan Kecepatan Putaran Motor DC dengan Thyristor Torsi = 0.15 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Devi asi
			Hasil Pengukuran	Permin taan Deman d	
45	207,7	1,39	1993	2000	0,00 4
60	206,8	1,29	1748	1750	0,00 1
74	203,5	1,20	1492	1500	0,00 5
85	193,4	1,13	1246	1250	0,00 8
96	170,3	1,06	995	1000	0,00 5

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Pengaturan Kecepatan Putaran Motor DC dengan Thyristor Torsi = 0.35 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Devi asi
			Hasil Pengukuran	Permin taan Deman d	
34	197,8	1,78	1988	2000	0.00 6

54	197,4	1,64	1744	1750	0.003
70	194,7	1,52	1467	1500	0.022
81	187,9	1,45	1240	1250	0.008
93	168,8	1,37	989	1000	0.011

Pengaturan kecepatan putar motor dc dengan matlab simulink dilakukan dengan mensimulasikan seluruh komponen rangkaian pengaturan dengan matlab simulink. Hasil dari simulasi ini dapat dilihat pada tabel 4.5, 4.6, 4.7 dan tabel 4.8.

Tabel 4.5 Hasil Simulasi Pengukuran pada Motor DC Penguat Terpisah dengan Torsi = 0 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Deviasi
			Hasil Pengukuran	Permin-taan Deman-d	
78	210	0,45	2000	2000	0
90	200	0,41	1750	1750	0
100	166	0,35	1500	1500	0
109	134	0,30	1250	1250	0
117	106	0,26	1000	1000	0

Tabel 4.6 Hasil Simulasi Pengukuran pada Motor DC Penguat Terpisah dengan Torsi = 0,05 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Deviasi
			Hasil Pengukuran	Permin-taan Deman-d	
56	217	0,78	2000	2000	0
70	214	0,68	1750	1750	0
81	204	0,61	1500	1500	0
91	189	0,54	1250	1250	0
101	159	0,48	1000	1000	0

Tabel 4.7 Hasil Simulasi Pengukuran pada Motor DC Penguat Terpisah dengan Torsi = 0,15 Nm

Sudut Penyalan	Tegangan	Arus Jangkar	Putaran (rpm)		Deviasi
			Hasil	Permin	

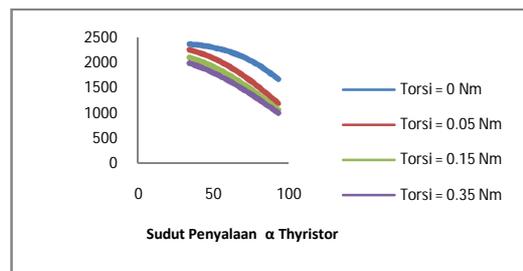
aan (α) Thyristor	Jangkar motor (V_a)	kar Motor (I_a)	Pengukuran	taan Deman-d	
45	209	1,29	2000	2000	0
60	208	1,19	1750	1750	0
74	204	1,10	1500	1500	0
85	194	1,02	1250	1250	0
96	171	0,95	1000	1000	0

Tabel 4.8 Hasil Simulasi Pengukuran pada Motor DC Penguat Terpisah dengan Torsi = 0,35 Nm

Sudut Penyalan (α) Thyristor	Tegangan Jangkar motor (V_a)	Arus Jangkar Motor (I_a)	Putaran (rpm)		Deviasi
			Hasil Pengukuran	Permin-taan Deman-d	
34	200	1,67	2000	2000	0
54	199	1,54	1750	1750	0
68	197	1,44	1500	1500	0
81	189	1,35	1250	1250	0
93	171	1,27	1000	1000	0

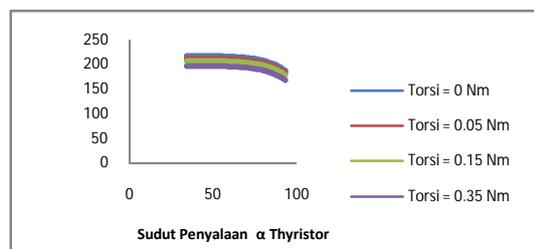
4.2. Pembahasan

Semakin kecil sudut penyalan thyristor maka akan berpengaruh terhadap naiknya kecepatan putaran motor arus searah penguat terpisah. Hal ini terlihat pada grafik pengaruh sudut penyalan terhadap putaran motor pada gambar 4.1 dibawah ini.



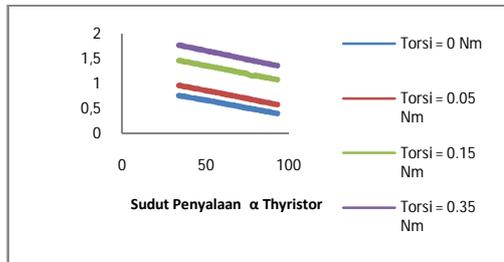
Gambar 4.1 Grafik fungsi Sudut Penyalan (α) Thyristor terhadap Kecepatan Putaran (rpm)

Dari hasil pengukuran dan grafik perbandingan pengaruh antara tegangan jangkar dengan sudut penyalan thyristor, terlihat bahwa semakin besar tegangan (V_a) pada sebuah motor arus searah penguatan terpisah sudut penyalan semakin kecil yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan kenaikan tegangan (V_a). Hal ini terlihat pada grafik gambar 4.2.



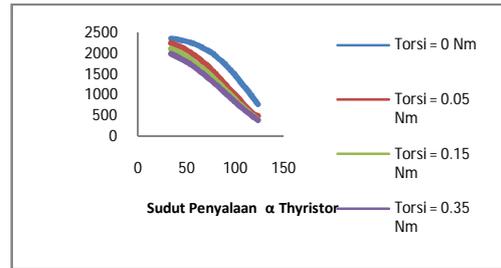
Gambar 4.2 Grafik fungsi Sudut Penyalaan (α) Thyristor terhadap Tegangan Jangkar (V_a)

Apabila arus jangkar (I_a) pada sebuah motor arus searah penguatan terpisah bertambah besar maka kecepatan putaran dari motor arus searah akan menurun. Kenaikan arus jangkar dari motor arus searah penguatan terpisah disebabkan adanya penambahan beban motor arus searah atau torsi diperbesar. Semakin besar torsi dari pada motor arus searah ini akan menyebabkan terjadinya kenaikan arus jangkar motor arus searah. Grafik fungsi arus jangkar terhadap sudut penyalaan thyristor dapat dilihat pada 4.3.



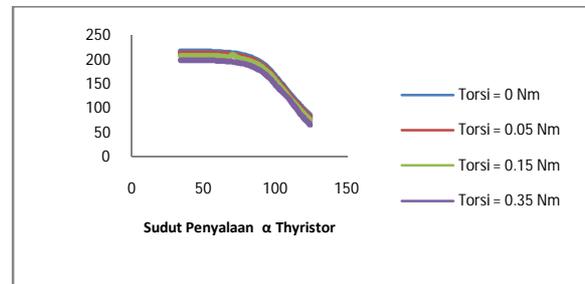
Gambar 4.3 Grafik fungsi Sudut Penyalaan (α) Thyristor terhadap arus Jangkar (I_a)

Grafik fungsi sudut penyalaan (α) Thyristor terhadap putaran (rpm) dapat dilihat pada gambar 4.4. Dari hasil simulasi yang didapatkan terlihat bahwa pada sudut penyalaan (α) Thyristor 78° pada torsi 0 Nm, kecepatan putaran motor arus searah 2000 rpm dan pada sudut penyalaan (α) Thyristor 117° pada torsi 0 Nm kecepatan putaran motor arus searah turun menjadi 1000 rpm. Demikian juga pada kondisi motor dibebani pada sudut penyalaan (α) Thyristor 56° torsi 0.05 kecepatan putaran motor arus searah adalah 2000 rpm dan pada sudut penyalaan (α) Thyristor 101° torsi 0.05 kecepatan putaran motor arus searah turun menjadi 1000 rpm. Dengan demikian maka kecepatan putaran motor arus searah akan menurun dengan adanya perubahan sudut penyalaan (α) Thyristor dan penambahan beban (torsi) dari pada motor arus searah.



Gambar 4.4 Grafik fungsi Sudut Penyalaan (α) Thyristor terhadap Putaran (rpm) Pada Simulasi Kecepatan Putar Motor Arus Searah

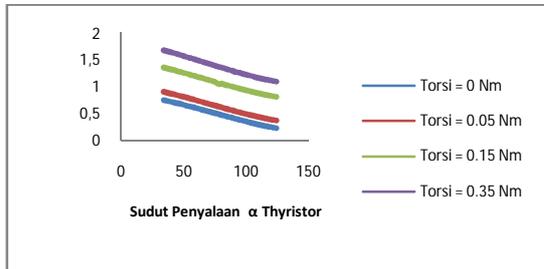
Perubahan tegangan jangkar pada motor arus searah, akan berpengaruh terhadap kecepatan putaran dari motor arus searah. Semakin besar penurunan tegangan maka kecepatan putaran dari motor arus searah akan menurun sebanding dengan perubahan penurunan tegangan. Gambar 4.5 menunjukkan grafik fungsi perubahan tegangan jangkar (v_a) terhadap sudut penyalaan (α) thyristor dari motor arus searah. Demikian juga pada saat motor dibebani putaran dari motor arus searah akan menurun. Pada saat tegangan jangkar (v_a) dari motor arus searah 210 volt dan torsi motor 0 Nm, kecepatan putaran motor arus searah 2000 rpm. Dengan adanya kenaikan tegangan pada tegangan jangkar motor (v_a) 217 volt dan torsi 0,05 Nm putaran motor akan menurun menjadi 2000 rpm.



Gambar 4.5 Grafik fungsi Tegangan Jangkar (V_a) terhadap Sudut Penyalaan (α) Thyristor Pada Simulasi Kecepatan Putar Motor Arus Searah

Dengan adanya kenaikan beban maka arus jangkar (I_a) pada motor arus searah akan naik yang menyebabkan putaran motor arus searah menjadi menurun. Pada grafik fungsi arus jangkar (I_a) terhadap sudut penyalaan (α) Thyristor gambar 4.6 terlihat bahwa kenaikan arus jangkar pada motor arus searah dari 0,7A sampai 1,1 A putaran motor tampak stabil. Kenaikan putaran yang tinggi pada saat perubahab arus jangkar motor arus searah berkisar dari 0,15 A sampai 0,4 A. Demikian juga pada saat motor arus searah dibebani dengan torsi 0,05 Nm kecepatan putaran motor akan turun dari 2400 rpm menjadi 2351 rpm dengan arus jangkar

(I_a) 0,85 A naik menjadi 0,89 A. Kenaikan arus jangkar semakin terlihat pada saat motor terus dibebani dengan torsi 0,35 Nm arus jangkar dari motor dc 1,09 A dan putaran turun menjadi 2141 rpm.



Gambar 4.6 Grafik fungsi Arus Jangkar (I_a) terhadap Sudut Penyalaan (α) Thyristor Pada Simulasi Kecepatan Putar Motor Arus Searah

5. KESIMPULAN DAN SARAN

- Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pengaturan kecepatan putar motor arus searah dengan menggunakan Thyristor dan PLC serta Matlab Simulink, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan menggunakan thyristor, kecepatannya bisa diatur dari 989 rpm hingga 1987 rpm dengan mengatur tegangan jangkar dari motor DC dengan cara mengubah sudut penyalan alpa dari thyristor dari $\alpha = 93^\circ$ sampai dengan $\alpha = 78^\circ$.
2. Kecepatan putaran motor arus searah akan terjadi perubahan apabila terjadi perubahan beban, untuk mempertahankan putaran maka sudut penyalan alpa dari thyristor harus dirubah. Untuk sudut penyalan 0° putaran akan besar dan sudut penyalan besar (lebih dari 0°) maka putaran motor akan menurun.
3. Dari hasil pengukuran dibandingkan hasil perhitungan maka deviasi putaran dari motor arus searah adalah 0,006% sampai dengan 0,096%.
4. Pengaturan kecepatan putaran motor DC dengan menggunakan Matlab simulink, memudahkan dalam membuat perancangan aplikasi pengaturan kecepatan putar motor arus searah, pengaturan kecepatan putar, pengaturan beban, dan saat starting motor, yang bisa diatur dengan pengaturan sudut alpa thyristor dari $\alpha = 0^\circ$ sampai dengan $\alpha = 180^\circ$ dan pengaturan tegangan sumber dari 0 volt sampai dengan 220 volt sehingga biasa mengatur putaran motor dari 0 rpm sampai dengan 2400 rpm.

- Saran

Disarankan untuk mengatur sudut penyalan alpa thyristor dari sudut alpa 180 ke sudut alpa 0 untuk mengurangi lonjakan arus start motor arus searah .

DAFTAR PUSTAKA

1. **Muhammad Harunur Rashid**, Power Electronics Circuits Devies and Applications, New Jersey, 1988.
2. **Apfianto Eko Putra**, PLC Konsep Pemrograman dan Aplikasi, Gaya Media Jogjakarta, 2004.
3. **Raymond Ramshaw**, Power Electronics, Thyristor Controlled power for Electric Motors, London, 1986.
4. **Wirawan Sumbodo**, Pengendali PLC, Semarang, 2008.
5. **Andani dkk**, Sistem Kendali Servo Posisi dan Kecepatan Motor dengan Programmable Logic Control (PLC), Jurnal Ilmiah Foristek, Makasar, 2011.
6. **Harifuddin**, Permodelan dan Pengendalian Motor DC Tekendali Jangkar, Jurnal Media Elektrik, 2008.
7. **I. N. Satya Kumara**, Modeling Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Simulink, Jurnal Teknologi Elektro, Bali, 2007.